

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密

级\_\_\_\_\_

学 号: 23320081153288

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# 基于幅频特性的无线信道指纹研究

Study on The Fingerprint of Wireless Channel Base on

Amplitude-Frequency Characteristics

柯 志 龙

指导教师姓名: 姚 彦 教 授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2011 年 5 月

论文答辩时间: 2011 年 月

学位授予日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2011 年 月

基于幅频特性的无线信道指纹研究

柯志龙

指导教师

姚彦

教授

厦 门 大 学

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘 要

认知无线电中认知能力的实现,也给无线通信带来了一些新的安全隐患,比如冒充主用户攻击等。现有的安全技术一般都只是从发射机本身的特性来鉴别非法入侵,本文引进无线信道的环境指纹来进一步提供安全保障。此外,无线信道指纹的研究成果可以用于对一些环境敏感性区域进行监控,确定各种非法入侵和盗窃行为。

本文的主要研究成果是:在分析无线信道传播特性的基础上,应用无线信道指纹的概念,从理论上初步研究室内多径传播的无线信道指纹特性并通过 USRP(Universal Software Radio Peripheral)/GNU Radio 软件无线电平台,设计一套收发信机,实现基于接收信号强度 RSS (Received Signal Strength)的无线信道测试系统,对多种无线网络场景进行测量,并基于幅频特性研究无线信道指纹的时不变性,不同多径环境下信道指纹的差异性,空间分辨率以及对环境变化的敏感性,测试结果与射线跟踪模拟预测室内无线电波传播结果都表明了不同位置信道指纹的差异性。最后对无线信道指纹进行空间多维特征分析,结果表明随着无线信道指纹所测频点数的增多,应用无线信道指纹进行信道识别效果越来越好,同时也验证了测试系统具有较低的误判概率,性能比较良好。

在未来的研究工作中可以使用该平台,利用 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技术对无线信道进行检测,以及对位置指纹进行定位分析。

**关键词:** 无线信道指纹; USRP; 幅频特性

厦门大学博硕士论文摘要库

## Abstract

The technology of cognitive radio is able to perform the function of sensing, but on the other hand, it also brings us new safe leak such as the Primary User Emulation attack in wireless communication. Generally, the existent security technology utilizes the special characteristic of transmitter to discern inbreak. In this paper we work over the fingerprint of wireless channel to find a further security. Achievements of fingerprint in wireless channel can be applied to security monitoring in areas that are sensitive to environment for detecting illegal intrusion and even burglary.

The main results of this research are: the concept of fingerprint in wireless channel is put into use after the analysis of the characteristic of wireless channel, and then, we analyze the fingerprint of wireless multipath propagation channel indoor in terms of the theory. We design transceivers base on USRP(Universal Software Radio Peripheral) /GNU Radio platform to meet the requirement of getting RSS(Received Signal Strength) data in receiver and then measurement was taken in different scenes for data acquisition. And then we study time-invariance of wireless channel fingerprint in fixed scene, the difference of fingerprint under different wireless channel, the spatial resolution and its sensitivity to environment base on the amplitude-frequency characteristics. And both the results of test and ray tracing technique show the difference of fingerprint under different wireless channel. Finally, with the method of Multi-dimensional analysis we do further analysis, and the result shows that the system has low error rate, and error rate decreases with numbers of frequency, and the capacity of discernment also becomes better and better.

In our furture research, based on this platform, MIMO (Multiple Input Multiple Output) may be used to detect the signal and perform positional analysis for fingerprint in wireless channel.

**Keywords:** fingerprint; USRP; amplitude-frequency characteristics

厦门大学博硕士论文摘要库



## 目 录

<b>第一章 绪 论 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 论文研究背景.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 认知无线电频谱感知技术概述.....	1
<b>1.2 无线信道指纹及研究意义.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 无线信道指纹及其相关内容的研究现状 .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 本文主要研究内容.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 论文的章节安排.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 本章小结 .....</b>	<b>5</b>
<b>第二章 无线信道特征 .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 无线信道传播特征.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 无线信道指纹特征.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 无线信道传播模型.....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 无线信道指纹检测.....</b>	<b>11</b>
2.4.1 时域检测.....	12
2.4.2 空域检测.....	12
2.4.3 频域检测.....	12
<b>2.5 本章小结 .....</b>	<b>13</b>
<b>第三章 无线信道指纹测试系统 .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 系统的原理.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 系统模块介绍.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 USRP 硬件平台.....	16
3.2.2 GNU Radio .....	20

3.3 无线信道指纹测试系统开发 .....	24
3.3.1 发射机设计.....	24
3.3.2 接收机设计.....	26
3.4 本章小结 .....	30
第四章 无线信道指纹测试 .....	31
4.1 测试的主要思路及数据采集过程 .....	31
4.1.1 系统实物图.....	31
4.1.2 实验测量场景.....	32
4.1.3 测量过程.....	33
4.2 信道指纹时间不变性的测试结果 .....	34
4.3 信道指纹空间分辨率的测试结果 .....	36
4.4 信道指纹环境敏感性的测试结果 .....	39
4.5 本章小结 .....	41
第五章 无线信道指纹测试结果分析 .....	42
5.1 采用射线跟踪模拟信道指纹的一般特性 .....	42
5.2 采用多维空间方法比较信道指纹的测试结果 .....	47
5.3 信道指纹在实际应用中需要注意的问题 .....	50
5.4 本章小结 .....	51
第六章 总结与展望 .....	52
6.1 全文总结 .....	52
6.2 研究展望 .....	52
参 考 文 献 .....	54
攻读硕士学位期间撰写与发表的论文 .....	57

致谢.....	58
附录.....	59

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## Contents

<b>Charter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Research Background.....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Spectrum Sensing Technologies for Cognitive Radio .....	1
<b>1.2 Fingerprint and The Significance of its Research .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Status Quo on Channel Fingerprint and Related Content .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 The Main Research Content .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Dissertation Organization .....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Summary .....</b>	<b>5</b>
<b>Chater 2 Characteristics of Wireless Channel.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Propagation Characteristics of Wireless Channel.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Fingerprint Characteristics of Wireless Channel.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Propagation Models .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Fingerprint Detection .....</b>	<b>11</b>
2.4.1 Time-domain Detection .....	12
2.4.2 Spatial-domain Detection.....	12
2.4.3 Frequency-domain Detection.....	12
<b>2.5 Summary .....</b>	<b>13</b>
<b>Charter 3 Test System For Wireless Channel.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Principle of System .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 System Modules.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 USRP.....	16
3.2.2 GNU Radio .....	20
<b>3.3 Development of The System.....</b>	<b>24</b>

3.3.1 Design and Realization of Transmitter .....	24
3.3.2 Design and Realization of Receiver .....	26
<b>3.4 Summary .....</b>	<b>30</b>
<b>Chater 4 Measurement of Wireless Channels .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Ideas of Test and Process of Data Acquisition .....</b>	<b>31</b>
4.1.1 The System .....	31
4.1.2 Scenes For Experiment .....	32
4.1.3 Process of Measurement .....	33
<b>4.2 Test Result for Time-invarying .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 Test Result for Spatial Resolution .....</b>	<b>36</b>
<b>4.4 Test Result for Sensitivity of Environment .....</b>	<b>39</b>
<b>4.5 Summary .....</b>	<b>41</b>
<b>Chater 5 Testing Result Analysis .....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Comparison With Result of Ray Tracing Method .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 Multi-dimensional Analysis .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3 Noteworthy In Actual Application .....</b>	<b>50</b>
<b>5.4 Summary .....</b>	<b>51</b>
<b>Chater 6 Summary and Outlook .....</b>	<b>52</b>
<b>6.1 Summary of The Dissertation .....</b>	<b>52</b>
<b>6.2 Fututer Work .....</b>	<b>52</b>
<b>Reference .....</b>	<b>54</b>
<b>Publications .....</b>	<b>57</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>58</b>

<b>Appendix .....</b>	<b>59</b>
-----------------------	-----------

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库